

ЭКОНОМИКА КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Скала Г. Ф., Муфтах Ахмади, Муна Абдалхкен, Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова

Во все времена человечество, создавая себе рукотворные блага, стремилось минимизировать затратную часть проектов. Это в полной мере относится к строительству. Учитывая, что объекты строительства, как правило, ресурсоёмки, для этой сферы деятельности, экономическая составляющая чрезвычайно важна.

Конструируя строительные композиции, авторы, обеспечивая их работоспособность, стремятся максимально снизить материалоемкость и упростить технологические процессы возведения объектов. Следует отметить, что в стоимостном выражении затраты на материалы и трудозатраты соответственно составляют 70% и 30% от общей стоимости. Если при этом оставить без детального учёта эксплуатационные затраты, которые мало отличаются для вариантов конструктивных решений, то наибольший экономический эффект следует ожидать от снижения материалоемкости проекта.

Учитывая, что строительные композиции, в основном работают на восприятие силовых нагрузок, в элементах возникают усилия, а в материале конструктивных элементов возникают напряжения, для максимально эффективного использования его следует загрузить по всему объёму до уровня расчётного сопротивления. В общем виде это

$$N_A = R$$

где: N_A – нормальные, касательные или главные напряжения;

R – расчётное сопротивление материала для соответствующей категории,

В чистом виде это теоретически возможно только для растянутых элементов. Реально это вообще не возможно вследствие особенностей конструкций.

Конструируя строительные композиции авторы, используя искусственные приёмы, стремятся максимально приблизить состояние материала на всех режимах – транспортировка, монтаж, различные эксплуатационные режимы к предельному состоянию. Эта задача чрезвычайно сложная. Решается она варьированием конструктивными, и как следствие, расчётными схемами, использованием в различных сочетаниях материалов с различными прочностно-деформативными характеристиками, а также и наиболее эффективным способом – конструктивным регулированием общего напряжённо-деформированного состояния (НДС) композиции. Изложенное наиболее полно реализуется созданием предварительным НДС (предварительным напряжением).

Предварительное напряжение, как способ изменения характера НДС конструктивных композиций и составляющих их элементов известно давно. Много веков тому назад идея предварительного напряжения имела отражение в повседневной жизни, она использовалась при постановке палаток, кибиток в зонтах и т.д. В строительстве предварительное напряжение можно наблюдать в «Римской арке», которая имеет предварительные сжимающие усилия. От распора арок в стойках возникает изгиб, вызывавший растяжение некоторых зон поперечного сечения, которое компенсируется расположенным в верхней части каменной кладки пригрузом.

В металлических конструкциях предварительное напряжение начало использоваться в первой половине XIX века. Одними из первых конструкций этого типа были чугунные ноги собора в городе Шартре. Выполнение их относится к 1836-1838 гг. Металлическая ферма перекрытия вокзала в Бирмингеме имела элементы нижнего пояса с предварительным напряжением (1850 г.). Далее, вплоть до настоящего времени предварительное напряжение все шире применялось в строительстве, машиностроении и других областях техники и инженерной практики.

В последнее время предварительное напряжение используется чрезвычайно широко и стало предметом глубоких исследований. Большой вклад в исследование вопросов связанных с применением предварительного напряжения внесли советские ученые Е.И. Беленя, В.Н. Вахуркин, Ю.В. Гайдаров, Г.С. Ведеников, Г.Д. Попов, В.В. Бирюлев и др.

За рубежом изучение этого вопроса началось 40-х годах. Профессор Гентского университета в Бельгии Г.Маньёль является одним из основателей теории предварительно напряженных стальных конструкций. В этой области исследования были проведены также англичанами Д.Самуэлем.

Предварительное напряжение железобетонных конструкций приобрело массовый характер и исследованиями этих конструкций занимались учёные ведущих научных школ В.Н. Байкова, А.Л. Шагина, В.С. Шмуклера. Ними были исследованы новые характеристики композитных конструкционных материалов на основе разнообразных бетонных смесей при их предварительном напряжении. Разработанные ими конструкции используются практически во всех сферах строительной индустрии.

Предварительное напряжение тонкостенных конструкций изучено в меньшей степени и представляет, как научный, так и практический интерес. Применение их в разнообразных технических решениях постоянно расширяется. Это обусловлено малой материалоемкостью этого класса конструкций, а так же весьма специфичным НДС. В таких конструкциях при приложении внешних поперечных силовых воздействий вне линии центров изгиба, или продольных силовых воздействий в текущих контурных координатах $\omega \neq 0$, возникают депланации сечений и бимоменты, вызывающие дополнительные нормальные и касательные напряжения. Эту особенность тонкостенных конструкций можно использовать для

регулирования характера и уровня НДС, созданием локальных предварительных силовых воздействий.

Именно это обстоятельство, заключающееся в неравномерном напряжении материала конструкций, позволяет убрать материал основного тела конструкции и возместить силовые эффекты, применением специальных, локально напрягающих элементов.

В качестве иллюстрации обратимся к анализу тонкостенного пролётного строения мостового перехода со следующими параметрам:

$L = 30$ м - пролёт;

$H = 2,8$ м – высота профиля;

материал конструкции – сталь.

Стоимость пролётного строения без предварительного нпряжения составляет 369,860 тыс. грн. при трудоёмкости 6,034 тыс. чел.-час.

Стоимость предварительно нпряжённого пролётного строения составляет 332,601 тыс. грн. при трудоёмкости 6,132 тыс. чел.-час.

Таким образом, экономия материалов составила 37,259 тыс. грн, что составило около 10%, а трудозатраты возведения возросли на 102 чел.-часа - 1,66% . Условная приведенная экономия составила 9,85%.